

УДК 735.29

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ

Юрин М.Г.

научные руководители проф. Нескоромных В.В., старший преподаватель Леонов С.О.

Сибирский федеральный университет

Прямыми путями повышения производительности бурения шарошечными долотами является интенсификация режимных параметров, в основном - осевой нагрузки. Но применение этого фактора ограничивается, как предельными значениями величины осевого усилия, так и прочностью самих долот. Вместе с тем исследования разрушения горных пород при внецентренном нанесении ударов могут позволить реализовать эту задачу без дополнительных энергозатрат.

Результаты стендовых исследований позволяют судить о повышенной эффективности процесса разрушения горных пород внецентренным приложением ударов.

Энергоемкость разрушения горных пород в зависимости от энергии удара при различных значениях эксцентриситета приложения ударов определяется по формуле:

$$q = \frac{A}{V}, \quad (1)$$

где A - энергия удара, Дж
 V - объем разрушения, мм³.

Энергия удара рассчитывается по формуле:

$$A = Q \cdot h_y \cdot \cos \Delta, \quad (2)$$

где Q – вес ударника, Н;

h_y – высота сбрасывания ударника, м;

Δ – угол вектора ударного импульса по отношению к оси направляющей трубы, градус.

Угол Δ рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \arctg \frac{2E}{l_y}, \quad (3)$$

где E – эксцентриситет приложения удара, м;

l_y – высота ударника, м.

Главная особенность внецентренного удара состоит в том, что в породе под различными породоразрушающими вставками долота напряжения в момент удара будут не равны.

Нормальные σ_i и касательные τ_i напряжения в породе под каждой из вставок можно рассчитать по формулам:

$$\sigma_i = \frac{3 \cdot P \cdot \cos^2 \psi_i \cdot \Delta}{2 \cdot \pi \cdot r_i^2}; \quad (4)$$

$$\tau_i = \frac{3 \cdot P \cdot \cos \psi_i \cdot \cos \Delta \cdot \sin \Delta}{2 \cdot \pi \cdot r_i^2}, \quad (5)$$

где i - номер породоразрушающей вставки, определяющий значения r_i и ψ_i ;

r_i - расстояние от точки приложения удара до породоразрушающей вставки, м;

ψ_i - угол между вертикалью и направлением от центра приложения удара к i породоразрушающей вставке, градус;
 P – сила удара, Н.

Угол ψ_i рассчитывается из формулы:

$$\psi_i = \arccos \frac{L_0}{r_i}, \quad (6)$$

где L_0 - высота долота с шариком, м.

Напряжения под вставками не равны, их максимальные значения наблюдаются под теми вставками, которые расположены со стороны точки приложения удара. При этом максимальные значения напряжений при внецентренном ударе превышают, а минимальные существенно ниже уровня напряжений, получаемых при центральном ударе, для которого характерно равенство напряжений под всеми породоразрушающими вставками.

Из представленных данных следует, что наибольший объем разрушения породы наблюдается при определенном значении эксцентриситета приложения удара. При этом объем разрушения при внецентренном ударе превышает объем разрушения породы при центральном ударе, а прирост объема разрушения более значителен для твердого и хрупкого гранита.

Учитывая, что энергия удара при внецентренном ударе снижается по мере увеличения эксцентриситета приложения удара (зависимости (2), (3)), очевидно, что при некотором эксцентриситете приложения удара происходит существенное снижение энергоемкости разрушения породы в сравнении с центральным ударом.

Увеличение объема разрушения горных пород при внецентренном приложении удара объясняется концентрацией высоких напряжений под некоторыми вставками. В то же время наличие экстремальных значений напряжений в породе при внецентренном ударе не объясняет до конца причин роста объема разрушения породы по сравнению с центральным ударом той же энергетики.

В данном случае следует предположить наличие других составляющих механизма разрушения породы при внецентренном ударе.

Отмеченная составляющая определяется тем, что в момент внецентренного удара проявляется действие не только осевого, в направлении забоя, ударного импульса, но и сдвиговые ударные усилия в плоскости забоя. Наличие данной составляющей подтверждается вытянутыми, по направлению к центру приложения внецентренного ударного импульса, формами лунок разрушения породы.

Тангенциальные ударные усилия приводят к изменению формы, повышению размеров лунок разрушения и обеспечивают отделение от забоя части массива горной породы, которая испытала разрушающее действие, разделена трещинами, но еще удерживается в лунках разрушения силами внутренних связей породы.

Таким образом, показано, что появление усилий, действующих в плоскости забоя в момент внедрения инденторов (резцов) в породу, приводит к повышению эффективности разрушения горных пород.

Подобная картина реализуется при работе шарошечного долота.

В данном случае можно отметить универсальность породоразрушающего действия шарошечных долот, а именно сочетание динамических и статических воздействий на породу и возможность реализации породоразрушающих усилий как в направлении перпендикулярно забою (раздавливание), так и в плоскости забоя (скалывание).

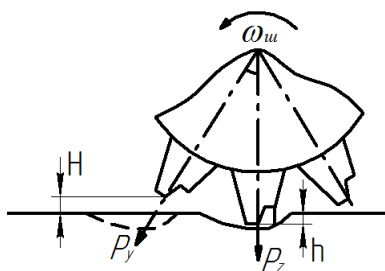


Рис.1,а

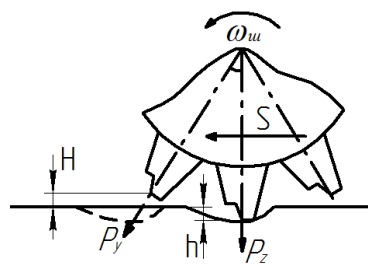


Рис.1,б

Для увеличения эффекта разрушения предлагается изменить конфигурацию зуба шарошки, сделать её ступенчатой, смотри (рис.1,а). Смещение точки приложения нагрузки P на величину x может привести к увеличению масштаба разрушения вследствие увеличения концентрации несимметричной ударной нагрузки на меньшей площади контакта зуба с породой. Для долот с симметричным расположением шарошек основной эффект заключается в увеличении лунки разрушения по сравнению с размером лунки, создаваемой обычным зубом и дополнительное фрезерующе-скребущее воздействие а породу и извлечение из лунок частиц сколотой породы, предотвращая их многократное перемалывание.

Ещё большие перспективы открывает применение этого решения в долотах со смещёнными осями шарошек. В таких долотах, благодаря несимметричному расположению осей вращения шарошек и вылету вершин шарошек относительно оси вращения долота возникает их кратковременное проскальзывание S (рис.1,б) (движение без вращения), в связи с чем зубья работают как резцы, срезая (скалывая) элементы породы. В долотах подобного типа помимо возможного увеличения объема лунки разрушения, наиболее полно реализуется момент проскальзывания шарошек вдоль плоскости забоя, благодаря форме уступа, обращенной по направлению скольжения зуба. При этом будет происходить скалывание дополнительного объема, образующегося при нанесении внецентренного удара зуба.

Литература:

1. Корнилов Н.И., Травкин В.С., Берестель Л.К., Коган Д.И., "Породоразрушающий инструмент для геологоразведочных скважин": Справочник М.: Недра, 1979-359с.
2. Нескормных В.В. "Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ: Учебное пособие". Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2008.
3. Нескормных В.В., Фахрутдинов А.А. "Исследование возможности формирования ствола различной кривизны в скважинах внецентренными точечными ударами (статья)". Известия ВУЗов "Геология и разведка", М., №2, 1995.
4. Сулакшин С.С. "Разрушение горных пород при бурении скважин": Учебное пособие для ВУЗов. Томск: Изд-во ТПУ, 2004.